

宝鸡市蜂业经济效率的时空分异及驱动机制

任晨辉¹ 张自尧¹ 吕焕明²

(1 甘肃农业大学管理学院, 兰州 730070; 2 陕西省蜂业协会, 西安 710005)

摘要: 基于2017~2022年宝鸡市12个区县数据, 构建蜂蜜单产指标, 综合运用核密度估计与马尔科夫链方法, 分析宝鸡市蜂业经济效率的时空分异及驱动机制。核密度估计显示蜂蜜单产效率呈现分层与极化态势, 整体效率有所下降, 区县间差距虽收敛但内部不均衡加剧; 传统马尔科夫链表明低效区县难以自主提升, 中效区县稳定性差, 高效区县有较强稳定性; 空间马尔科夫链表明低效邻域对周边区县具有抑制作用, 高效邻域有助于低效区提升, 但可能导致中效区资源流失。应强化高效区县对周边的辐射带动, 推广科学养殖与品牌建设, 促进宝鸡市蜂业经济高质量协同发展。

关键词: 宝鸡市; 蜂蜜单产; 核密度估计; 马尔科夫链

Spatio-Temporal Differentiation and Driving Mechanisms of Apicultural Economic Efficiency in Baoji City

Ren Chenhui¹ Zhang Ziyao¹ Lv Huanming²

(1 College of Management, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2 Shaanxi Apicultural Association, Xi'an 710005, China)

Abstract: Based on panel data from 12 counties in Baoji City from 2017 to 2022, this study constructs a honey yield per unit efficiency indicator and employs kernel density estimation and Markov chain methods to analyze the spatio-temporal differentiation and driving mechanisms of the apicultural economic efficiency in the region. The kernel density estimation reveals a stratified and polarized pattern in honey yield efficiency, indicating an overall declining trend. Although inter-county disparities have narrowed, internal imbalance has intensified. The traditional Markov chain analysis shows that low-efficiency counties struggle to improve autonomously, medium-efficiency counties exhibit high instability, and high-efficiency counties demonstrate strong stability. The spatial Markov chain analysis further indicates that low-efficiency neighborhoods exert a suppressive effect on surrounding counties, while high-efficiency neighborhoods can assist low-efficiency counties in upgrading but may also lead to resource drainage from medium-efficiency counties. The study suggests strengthening the radiating influence of high-efficiency counties, promoting scientific breeding practices and brand building, and implementing targeted support policies to foster high-quality and coordinated development of the apicultural economy in Baoji City.

Key words: Baoji City; honey yield; kernel density estimation; Markov chain

陕西是我国西北乃至全国的蜂业养殖大省, 蜂产业已成为推动陕西乡村振兴、促进农民增收致富的特色优势产业之一。宝鸡拥有南北差异化的地形地貌和丰富的蜜粉源植物资源, 形成了优越的养蜂天然条

件。宝鸡市初步形成了以中蜂为主、西蜂为辅的养殖格局, 打造了多个地方特色蜂产品品牌且产业链不断延伸, 蜂业已成为陇县、千阳、太白、凤县等区县农业发展的重要支柱和农民收入的重要来源。宝鸡蜂业

作者简介: 任晨辉 (1996-), 男, 硕士研究生, 研究方向为农村发展, E-mail: 965902429@qq.com

通讯作者: 张自尧 (1979-), 女, 硕士, 副教授, 研究方向为区域经济, E-mail: 13919338437@qq.com

各区县间结构发展不平衡，各区县因自然资源条件、交通设施便利程度、养殖产业化水平及优惠政策扶持力度等差异，部分区县可能仍依赖于粗放式的山区散养，没有形成规模化和现代化养蜂，蜂蜜单产水平低下，市场价格波动和交通不便等因素会降低蜂农生产积极性，导致部分区县养殖规模和产量存在波动。

本文通过宝鸡市蜂业经济的效率分析，对于推动市域蜂业高质量发展具有一定意义。本研究基于2017~2022年宝鸡12个区县的面板数据，构建蜂蜜单产效率指标，综合运用核密度估计揭示全市蜂蜜单产水平的分布形态与动态演进趋势，借助马尔科夫链分析预测各区县效率等级的转移概率。研究成果将为宝鸡市制定差异化的区域蜂业资源配置、激发蜂农生产积极性、推动市域蜂产业高质量发展提供科学的数理依据和参考。

1 样本选择与数据来源

本文选择宝鸡市12个区县作为研究对象，选取2017~2022年6年面板数据，以上数据均来自《宝鸡市统计年鉴》，个别缺失数据通过插值法补齐。

2 研究方法

2.1 蜂蜜单产效率指标测算

根据各区县的蜂蜜产量（公斤）与蜂箱数（箱）的比值计算各区县蜂蜜单产效率。

2.2 Kernel密度估计

Kernel密度估计作为研究空间分布非均衡性的非参数估计方法，能够通过密度曲线深入剖析宝鸡各区县蜂蜜单产效率差异的分布特征^[1]。核密度估计公式如下所示：

$$f(x) = \frac{1}{Mh} \sum_{i=1}^M K\left(\frac{x_i - \bar{x}}{h}\right) \quad (1)$$

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) \quad (2)$$

2.3 马尔科夫链分析

传统马尔科夫链是一种时间和状态都为离散的马尔科夫过程，马尔科夫链分析是一种研究系统状态转移特征的方法^[2]。本文通过分别构建传统和空间3阶马尔科夫链转移概率矩阵，采取空间邻接矩阵并计算每种类型的概率分布和转移情况，分析宝鸡各区县蜂蜜单产效率的动态演进特征及其受邻域效应的影响，计

算公式如下：

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & \cdots & q_{1j} \\ q_{21} & q_{22} & \cdots & q_{2j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ q_{i1} & q_{i2} & \cdots & q_{ij} \end{pmatrix} \quad (3)$$

式中： Q 为马尔科夫转移概率矩阵， q_{ij} 表示 t 年份为 i 类型的区县（区、县）在 $t+1$ 年份转移到 j 类型的概率值。

3 实证结果分析

3.1 宝鸡市蜂蜜单产核密度估计

核密度估计曲线能够直观地反映蜂蜜产能的分布特征。核密度估计曲线呈现出显著效率分层和分化，各年份整体以单峰和双峰为主，反映了不同区县在不同年份蜂业发展上的差异（图1）。宝鸡市蜂蜜单产核密度估计曲线在2017~2020年和2021~2022年间波峰出现左移趋势，主峰逐渐向低效率方向偏移且集聚，曲线的峰值整体升高且带宽收窄，这表明单产效率区县间的差异缩小但产能下降。核密度曲线在2020~2021年的峰值向右偏移且降低表明向高效率区偏移但更加分散，2022年核密度估计曲线出现了右偏拖尾现象，表明眉县等区县的单产效率值大幅提升。这种异常波动揭示了宝鸡市蜂业经济发展存在持续且加剧的内部不均衡性，部分区县始终保持较高蜂蜜单产效能，而另一部分则长期处于低效水平。

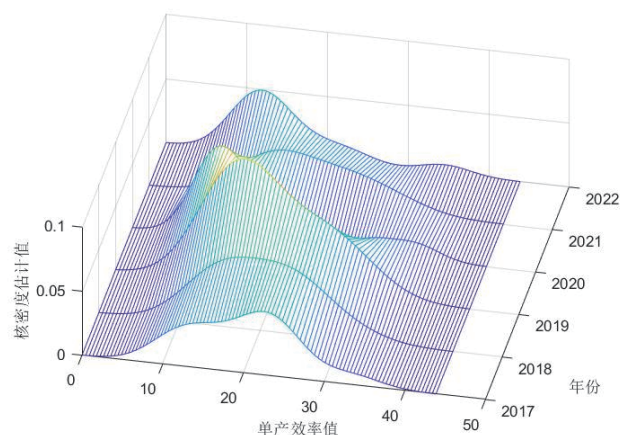


图1 宝鸡市蜂蜜单产效率值

3.2 马尔科夫分析解读

传统马尔科夫链通过计算不同效率水平之间的转移概率，揭示了各区县蜂蜜单产效率的演变规律，分为I低效区小于35%、II中效区35%到60%之间和III高效区高于60%的数据，并计算了各区县在不同年份之

间的转移概率。传统马尔科夫分析低效区有60.87%的概率维持低效状态，有39.13%的概率升至中高效区。这表明岐山县、太白县等低效区一旦陷入低效状态，往往面临着养蜂资源低质且短缺、专业化不强等问题，很难通过自身努力实现蜂蜜产量提升。因此，低效区需要外部的强力支持才能突破现状。凤县、陇县等中效区有42.86%的概率维持原状和降级至低效区，仅有14.29%的概率升至高效区，这表明中效区的蜂蜜单产效率极不稳定，面临着较高的降级风险。中效区的高风险性恰恰反映了蜂业发展过程中的脆弱性。渭滨区等高效区有60.87%的概率维持高效状态，30.43%的概率降级至中效区，高效区蜂业发展成熟度高且具有专业化和规模化水平，达到高效状态后易保持稳定。高效区的发展状况反映了蜂蜜单产的“马太效应”，高效区具备优越的自然和交通条件、养殖技术和市场渠道，这些优势使得高效区能够继续保持原状。这种差异化也意味着高效区与其他两类区域间的差距可能会进一步扩大，导致宝鸡市各区县的效率差距增大。

空间马尔科夫链进一步考虑了邻域效应，将空间滞后类型分为低效邻域、中效邻域和高效邻域，本文采取地理邻接矩阵并计算了不同邻域类型下的转移概率（表1）。空间滞后类型Ⅰ显示，低效区被低效邻域包围时，概率数据显示完全无法升级至中高效，中高效区在低效邻域中均只有一半的概率维持原状，低效邻域对蜜蜂单产效率具有明显的抑制作用，低效区存在多种问题限制自身发展，还可能对周边中高效区县产生消极影响。低效邻域需要加强各区县间的综

合协作，改良养蜂技术和蜂群管理方式，才能实现区域整体提升。空间滞后类型Ⅱ表明低效区在中效邻域中有较高概率维持低效，30.77%直接升至高效。中效区有一半概率降级且无法升级，高效区在中效邻域中也有较高的降级风险，矩阵显示中效区域在蜂业产出上仍存在巨大挑战。高效邻域Ⅲ的转移概率显示，低效区在高效邻域中升级概率极高，42.86%升至中效，28.57%直接升级至高效。高效区在高效邻域中83.33%能够维持原来状态，但中效区仅有16.67%升级且有一半的概率降级，这说明高效邻域对中效区有负面作用。高效区域保持高效率状态的同时也可能导致人才、资金等优质资源不断向高效区集中，使得中效区的蜂业生产资源流失。

4 结论与对策

核密度估计结果显示，全市蜂蜜单产效率总体呈分层与极化态势，分布曲线单峰、双峰交替出现，并伴随波峰左移、带宽收窄等变化，表明区县间效率差异虽有所收敛，但整体蜂蜜单产效率存在下降趋势。传统马尔科夫链表明，低效区县难以通过自身努力实现蜂蜜单产效率跃升，中效区县稳定性差、降级风险高，高效区县则表现出较强的稳定性。空间马尔科夫链进一步证实低效邻域对周边区县提升产生抑制作用，高效邻域虽有助于低效区县提升，但也可能导致中效区县资源流失、蜂蜜单产效率难以提升。

因此，应以渭滨区等蜂蜜高产区县为核心，通过养殖技术推广与产业化带动周边区县共同发展，加强蜂农专业化培训，科学化饲养中蜂，提升蜂蜜品质，利用电商和大数据平台进行广泛宣传，打造宝鸡地方特色蜂蜜品牌，畅通天然优质蜂蜜销售渠道，加大对蜂产业的政策支持力度，减少交通和养殖场地成本，加强高效区县养殖技术推广与传授，解决产量低效问题，缩小高低效区县间单产效率差异。大力推广高效区的成功经验，构建各区县蜂业技术帮扶与定期培训机制，推动全市蜂业经济向高质量、均衡化方向发展。

参考文献

[1] 方苗, 贺义雄, 余晓洋. 水资源丰沛区农业用水效率空间格局及影响因素——以浙江省为例 [J]. 农业资源与环境学报, 2024, 41(01): 113–124.
[2] 程鹏, 彭海洋, 侯丁榕, 等. 黄河流域农业灰水足迹强度空间格局及演进趋势 [J]. 干旱区地理, 2025, 48(07): 1185–1197.

表1 宝鸡市蜂业单产效率的概率预测矩阵					
空间滞后类型		t/(t+1)	I	II	III
传统	无滞后	I	0.6087	0.1304	0.2609
		II	0.4286	0.4286	0.1429
		III	0.087	0.3043	0.6087
	I	I	1	0	0
		II	0.25	0.5	0.25
		III	0	0.5	0.5
	II	I	0.6923	0	0.3077
		II	0.5	0.5	0
		III	0.1538	0.3077	0.5385
空间	III	I	0.2857	0.4286	0.2857
		II	0.5	0.3333	0.1667
		III	0	0.1667	0.8333